Veränderungen der langsamen, akustisch evozierten Hirnrindenpotentiale bei Presbyacusis

Inaugural-Dissertation zur
Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Bonn

vorgelegt von
DOROTHEE DÜCHTING
aus Essen

Bonn 1980

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546508_0038

VERÄNDERUNGEN DER LANGSAMEN, AKUSTISCH EVOZIERTEN HIRNRINDENPOTENTIALE BEI PRESBYACUSIS

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Rheinischen Friedrich-Wilhelms Universität

zu Bonn

vorgelegt von

Dorothee DÜCHTING

aus Essen

Bonn 1980

Angefertigt mit Genehmigung der

Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: Prof. Dr. H. J. Opitz

2. Gutachter: Priv.-Doz. Dr. D. Linke

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Aus der Universitäts-Hals-Nasen-Ohren-Klinik,Bonn

Direktor:Professor Dr.W.Becker

Meinen Eltern

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
I.	EINLEITUNG	6
II.	GRUNDLAGEN DER ALTERSSCHWERHÖRIGKEIT	7
	1. Ätiologie	7
	2. Morphologische und funktionelle Aspekte der Presbyacusis	10
III.	METHODEN DER ELEKTRISCHEN REAKTIONSAUDIOMETRIE (ERA)	16
IV.	EIGENE UNTERSUCHUNGEN	22
	1. Methodik	22
1.1	Untersuchte Kollektive	22
1.2	Versuchsdurchführung	23
1.3	Auswertungskriterien	24
	2. Ergebnisse	26
2.1	Häufigkeit positiver Reizantworten	26
2.2	Amplituden der Reizantworten	27
2.3	Latenzen der Reizantworten	31
2.4	Altersspezifische Reizantwortmuster	34
2.5	Regelmäßigkeit des EEG-Verlaufs	36
	3. Diskussion	36
V.	ZUSAMMENFASSUNG	41
VI.	LITERATURANGABEN	42

I. EINLEITUNG

Fragen der Altersforschung haben in den letzten Jahren - sicher nicht zuletzt durch die Verschiebung der Alterspyramide zugunsten des höheren Lebensalters - immer mehr an Bedeutung gewonnen.

Im Rahmen eines durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Projekts zur Altersforschung wurden in der HNO-Universitätsklinik eine Reihe von Untersuchungen über altersspezifische Veränderungen des menschlichen Hörorgans durchgeführt.

In der vorliegenden Arbeit soll anhand eigener Untersuchungen dargestellt werden, welche Veränderungen die langsamen, akustisch evozierten Hirnrindenpotentiale bei altersschwerhörigen Personen im Vergleich zu normalhörenden jungen Erwachsenen aufweisen.

In der bisher vorliegenden Literatur (Tyberghein/Forrez 1969, Knothe et al. 1974, Buchsbaum et al. 1974, Stürzebecher et al. 1975) werden darüber zum Teil sehr unterschiedliche Angaben gemacht.

Zum Verständnis der eigenen Untersuchungen und Ergebnisse werden die heutigen Vorstellungen über Genese und Physiologie der Altersschwerhörigkeit dargelegt sowie die verschiedenen Methoden der Elektrischen Reaktionsaudiometrie vorgestellt.

II. GRUNDLAGEN DER ALTERSSCHWERHÖRIGKEIT

1. Ätiologie

Nach dem heutigen Kenntnisstand ist die Presbyacusis, die Altersschwerhörigkeit, das Ergebnis eines Prozesses, der schon im mittleren Lebensalter beginnt, sich aber erst in höheren Lebensjahrzehnten als funktionelle Störung manifestiert (van Dishoek 1966, Fleischer 1972).

Man kann die Presbyacusis definieren als "die bei jedem Menschen auftretende, durch das Alter selbst hervorgerufene Schwerhörigkeit" (Mayer 1919).

Die Frage nach den Ursachen des Alterns und damit auch nach denen der Altersschwerhörigkeit läßt sich heute noch nicht exakt beantworten. Eine Vielzahl von Theorien sind entwickelt worden. Alterungsprozesse lassen sich bis in zelluläre und subzelluläre Strukturen nachweisen und schließlich auf Veränderungen der DNS zurückführen. Der eigentliche Vorgang des Alterns bleibt in seinem Wesen schwer zu fassen und ist kaum abzugrenzen von den verschiedenen im Laufe eines Lebens wirkenden endogenen und exogenen Einflüssen, die zu morphologischen und funktionellen "Altersveränderungen" führen.

Der Begriff der "reinen Altersschwerhörigkeit" ist inzwischen durch epidemiologische Untersuchungen (u.a. Plester 1962, Rosen et al. 1962, 1964, 1965, 1970) relativiert worden.

Man hat verschiedene Hinweise gewonnen, daß bestimmte Formen der Lebensweise, Ernährungsfaktoren, Lärmbelastung unterschiedlichen Ausmaßes sowie erbliche Faktoren die Entwicklung von Altersveränderungen, speziell einer Altersschwerhörigkeit fördern oder hemmen.

Nach obengenannten Untersuchungen durch Plester und Rosen weiß man heute, daß es bei Naturvölkern z.B. bei dem Stamm der Mabaan im Südostsudan Personengruppen gibt, die selbst im hohen Lebensalter keine wesentliche Tonhörschwellenerhöhungen aufweisen, so daß man von einer Altersschwerhörigkeit sprechen könnte.

Diese Völker ernähren sich vorwiegend mit fettarmer vegetarischer Kost. Ihre Blutcholesterinspiegel sind bemerkenswert niedrig und entsprechend selten kommen Herz-Kreislauferkrankungen vor. Außerdem wurde festgestellt, daß die Lärmexposition sehr gering ist, ja praktisch fehlt.

Auf die mittelbare Bedeutung von Ernährungsfaktoren für Hörverluste weisen verschiedene Untersuchungen von S. Rosen und P. Olin hin (1965, 1970). Sie stellten bei Personengruppen mit sehr unterschiedlicher Ernährung auch auffallende Unterschiede im Hinblick auf das Hörvermögen im Alter fest.

So zeigte sich bei Ostfinnen, die einen großen Anteil gesättigter Fette in der Nahrung, hohe Blutcholesterinspiegel (Mittel 297 mg %) und eine der höchsten Incidenzraten an Coronarerkrankung in der Welt aufweisen, ein erheblicher Hochtonverlust im Alter. Dagegen stellte man bei den Mabaan im Südostsudan sowie bei Probanden in Dalmatien/Jugoslawien nur einen geringen Hochtonabfall im Alter fest. Diese beiden Kollektive ernähren sich mit einem größeren Anteil ungesättigter Fette und zeichnen sich durch deutlich niedrigere Cholesterinblutspiegel (Mittel 160 mg % bzw. 183 mg %) und entsprechend selteneres Vorkommen von Coronarerkrankung aus.

Gezielte diätetische Versuche bestätigten den Zusammenhang zwischen cholesterinreicher Ernährung und zunehmenden Hochtonverlusten (Rosen, Olin 1970). Die Autoren konnten nachweisen, daß durch entsprechende fettarme, vorwiegend pflanzliche Kost altersabhängige Hörverluste aufzuhalten, ja sogar teilweise rückgängig zu machen sind.

Während nach Bosatra (1956) selbst bei sonst generalisierter Arteriosklerose nur in geringem Ausmaß entsprechende Veränderungen der Arteria labyrinthi nachzuweisen sind, scheint klinisch ein Zusammenhang zwischen dem Zustand des Herz-Kreislaufsystems und dem Hörvermögen eindeutig (Rosen, Olin 1970). Auf dem Wege über Gefäßveränderungen und Durchblutungsstörungen beeinflussen vermutlich auch andere Faktoren wie Nikotin und Stress das Hörvermögen.

Da eine Schädigung des Hörorgans durch langdauernde extreme Lärmbelastung (> 90 dB) als sicher gelten kann (Lärmschwerhörigkeit bei Metallarbeitern, Kesselschmieden usw.), darf man annehmen, daß auch die ständige Lärmeinwirkung durch Motor- und Maschinengeräusche, Radio, Fernsehen und sonstige Lärmquellen, denen der Mensch in zivilisierten Industriestaaten ständig ausgesetzt ist, sein Hörvermögen beeinträchtigen. Diese Überlegung wird bestätigt durch Ergebnisse von Plester und S. Rosen (1962) und durch Untersuchungen von Glorig und Nixon (1960), die sehr unterschiedliche altersdurchschnittliche Hörschwellenkurven zeigen, je nach Lärmexposition der verschiedenen Kollektive.

Auf einen weiteren interessanten Aspekt machten Shimizu und Suki (1974) aufmerksam. Sie untersuchten Menschen in sehr unterschiedlichen wohnlichen und sozialen Situationen in bezug auf ihr Hörvermögen. Die besten Ergebnisse ergaben sich für die Personen, die in ihrer Familie lebten und dort mit einer Aufgabe beschäftigt waren. Ein schlechteres Tongehör hatte die zweite Gruppe aus einem städtischen Altersheim, während die dritte Gruppe, die in einem Altersheim in ruhiger Umgebung auf dem Lande abgeschieden von sozialen und geschäftlichen Aktivitäten wohnte, die größten Hörverluste zeigte.

Demnach scheint die Erhaltung des Hörvermögens im Alter teilweise auch von der Aufrechterhaltung und Ausübung der Hörfunktion im täglichen Leben abhängig zu sein.

Nach all den dargestellten Erkenntnissen bleibt aber die Schwierigkeit, eine rein physiologische, altersbedingte Funktionseinbuße abzugrenzen von Schädigungen des Hörvermögens, die im Laufe des Lebens durch verschiedene Umwelteinflüsse erworben werden und die "reine Altersveränderung" überdecken. Glorig und Nixon (1962) schlugen zur Differenzierung die Begriffe "Presbyacusis" für den physiologischen Alterungsvorgang und "Sozioacusis" für die natürliche Abnutzung durch Umwelteinflüsse vor.

Die Ursachen für die Altershörverluste kann man (nach Rosen et al. 1964, zit. nach von Arentschild 1972) in folgende Gruppen einteilen:

1. Physiologische Altersveränderungen
2. Übliche Lärmbelastung
3. Lärmunabhängige Faktoren (Vererbung, Bindegewebsveränderungen, Gefäßreaktionen, Fehlernährung, Stoffwechselstörungen, Klima, Stress, Nikotin, Alkohol u.a.m.)

2. Morphologische und funktionelle Aspekte der Presbyacusis

Das Hörorgan gliedert sich anatomisch und funktionell in zwei Abschnitte: den Schalleitungsapparat (äußeres Ohr und Mittelohr), der die Zuleitung und Verstärkung der Schallwellen aus der Außenwelt sicherstellen muß, und den nervösen Apparat (Innenohr und zentrale Bahnen), der die Umwandlung des mechanischen Reizes in nervöse Erregung und die Weiterverarbeitung bis zur differenzierten Signalwahrnehmung in cortikalen und subcortikalen Zentren leistet.

Zu den zentralen Hörbahnen gehören auch deszendierende Faserbündel (olivocochleäre Bündel), die vermutlich durch Empfindlichkeitsregulierung der afferenten Neurone eine Filterfunktion beim Hörvorgang übernehmen.

Die folgenden Abbildungen verdeutlichen die verschiedenen Stationen des Hörsystems:

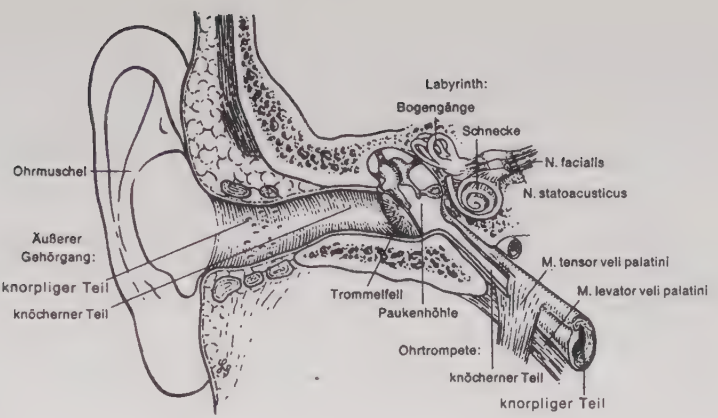

Abb. 1: Übersicht über äußeres Ohr, Mittelohr und Innenohr
(nach: Boenninghaus, HNO-Heilkunde 1974)

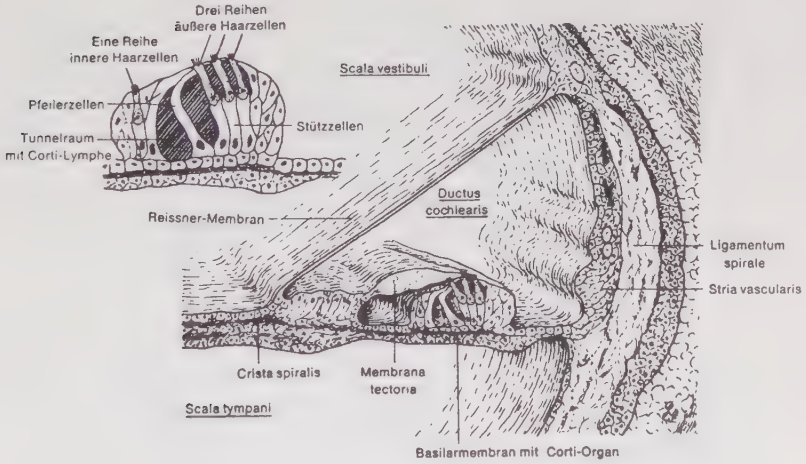

Abb. 2: Ductus cochlearis mit Corti-Organ
(nach: Boenninghaus, HNO-Heilkunde 1974)

Unzählige Untersuchungen haben klargemacht, daß alle Abschnitte des Hörorgans im Laufe des Lebens in unterschiedlichem Ausmaß von Veränderungen betroffen sind, die mit den Hörverlusten im Alter in ursächlichen Zusammenhang gebracht werden: Sklerosierungen des Trommelfells (Zanzucchi 1938), Untergang von Ganglienzellen des Ganglion spirale cochleae insbesondere in der Basalwindung der Schnecke (Fleischer 1956) bis zur knöchernen Verengung des Tractus spiralis foraminosus im inneren Gehörgang mit Atrophie der Axone des Nervus vestibulo-cochlearis (Krmpotić-Nemanić 1973).

Brody (1955) konnte einen ausgeprägten Zellschwund im Gebiet des primären Hörzentrums, der Heschlschen Querwindung feststellen, der schon etwa im dritten Dezennium beginnen und bis etwa zum 75. Lebensjahr eine Zellzahlreduktion auf etwa 50 % ausmachen soll.

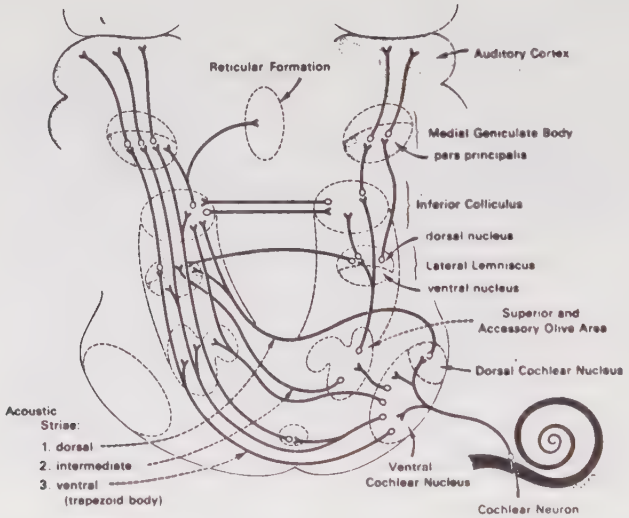

Abb. 3: Schematische Darstellung der afferenten Bahnen des zentralen Hörsystems
(nach: Schuknecht, H.F., Pathology of the Ear, 1974)

Trotz nachzuweisender funktioneller Veränderungen bereits im 4. Lebensjahrzehnt zeigen sich Auswirkungen der Altersschwerhörigkeit durch zunehmende Hörverschlechterung klinisch erst etwa ab dem 50. Lebensjahr, besonders für hohe Töne, bei Störgeräuschen oder in der Unterhaltung mit mehreren Gesprächspartnern. Oft treten auch Ohrgeräusche auf.

Die tonaudiometrischen Hörschwellen kurven zeigen (Luftleitung = Knochenleitung) jenseits der mittleren Frequenzen, also etwa oberhalb 1000-2000 Hz einen mit dem Alter immer steiler werdenden Abfall, einen sog. Hochtonverlust. Nach van Dishoek, 1966, sind die Werte für Luftleitung und Knochenleitung gleich. Glorig und Davis, 1961, sowie Nixon et al., 1962, fanden eine mit zunehmender Frequenz größer werdende Differenz zwischen Luftleitung und Knochenleitung, sog. air-bone gap.

Frauen haben etwas günstigere altersdurchschnittliche Hörschwellenkurven als Männer.

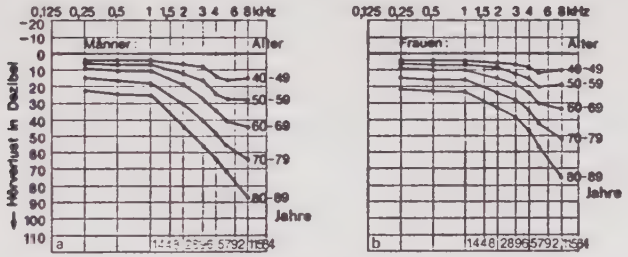

Abb. 4: Altersnorm der Hörschwellen für Frauen und Männer (nach: P.H. Schmidt, 1967)

Diese Form der Tonaudiogramme ist nicht nur spezifisch für die Presbyacusis. Zur Abgrenzung von anderen Empfindungsschwerhörigkeiten ist daher zu fordern: ein etwa gleiches Tonaudiogramm für beide Ohren, eine unauffällige ohrenärztliche Anamnese und keine größeren Hörverluste als ca. 20 dB pro Oktave sowie fehlende Dauerlärmbelastungen über 90 dB (nach v. Arentschild 1972).

Durch Methoden der Sprachaudiometrie und der zentralen Hördiagnostik gewinnt man Hinweise, daß bei der Altersschwerhörigkeit insbesondere Veränderungen in der zentralen Verarbeitung akustischer Reize von Bedeutung sind.

Van Gaeth prägte schon 1948 den Begriff der "phonemic regression", der eine überproportionale Abnahme der sprachlichen Diskriminationsfähigkeit gegenüber der reinen Tonwahrnehmung bei älteren Menschen beinhaltet.

Jerger bestätigte durch eine ausführliche Studie (1973), daß Probanden mit zunehmendem Alter größere Schwierigkeiten bei der Sprachdiskrimination haben als junge Menschen mit vergleichbarem sensineuralen Tonhörverlust.

Diese Schwierigkeiten treten bei älteren Personen verstärkt auf, wenn z.B. durch Beschleunigung oder Frequenzbegrenzung der Sprache - in etwa vergleichbar mit der Sprache an Telephon oder Fernsehen - noch höhere Anforderungen an die Informationsverarbeitung durch das zentrale Hörorgan gestellt werden (Kirikae 1969, Calearo und Lazzaroni 1957).

Auch bei dichotischen Diskriminationstests (z.B. Feldmanntest, Staggered Spondaic Word Test) sowie bei Sprachverständlichkeitstests mit Hintergrundgeräusch (maskierte Sprache) zeigt der mit dem Alter zunehmende Diskriminationsverlust die zentrale Dysfunktion bei älteren Probanden an (Demichelis/ Schindler 1969).

Das Phänomen zunehmender sprachlicher Diskriminationsschwierigkeiten führt van Dishoek (1966) auf degenerative Veränderungen im ZNS zurück. Spoendlin (1971) weist darauf hin, daß sich der Maskierungseffekt durch Störgeräusche durch Verlust der Filterfunktion erklären läßt, die den efferenten Fasern des olivocochleären Bündels zugeschrieben wird. Auch die Abnahme des auditiven Gedächtnisses im Alter (Pientrantoni 1957) und dementsprechend eine verhältnismäßig stärkere Beeinträchtigung des Satzverständnisses als des Silbenverständnisses (Luterman et al. 1966) ist als Dysfunktion des zentralen Hörapparats zu deuten.

Die Lokalisation für die abnehmende Fähigkeit des Sprachverständnisses ist jedoch bisher nicht genau festgestellt.

Alle genannten Hinweise, daß die Altersschwerhörigkeit zu einem wesentlichen Teil zentrale Funktionseinschränkungen beinhaltet, lassen ihre Untersuchung mit Methoden der Elektrischen Reaktionsaudiometrie (ERA) sehr geeignet erscheinen.

III. METHODEN DER ELEKTRISCHEN REAKTIONSAUDIOMETRIE (ERA)

Unter der elektrischen Reaktionsaudiometrie (ERA, synonym: Evoked Response Audiometry oder elektroencephalographische Audiometrie u.a.m.) versteht man eine Reihe von audiometrischen Untersuchungsmethoden, die die elektrophysiologischen Reaktionen des zentralnervösen Hörapparates auf akustische Reize messen ("akustisch evozierte Potentiale", AEP).

Diese Antwortpotentiale lassen sich entsprechend dem Verlauf der Hörbahn an verschiedenen Stellen ableiten.

Je nach ihrem Entstehungsort in den verschiedenen Ebenen des Hörsystems ändert sich die Latenzzeit bis zum Auftreten der charakteristischen Potentialschwankungen und deren Form.

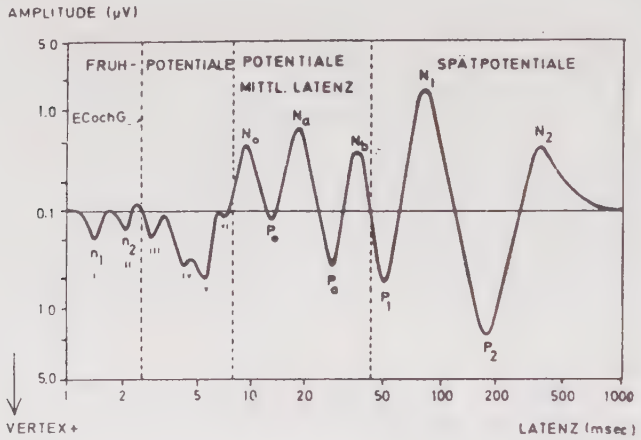

Abb. 5: Übersicht über akustisch evozierte Potentiale in der ERA (nach: Spillmann, 1976)

Man unterscheidet:

1. Frühe Potentiale (Latenzzeit 1-10 ms)
2. Mittlere Potentiale (Latenzzeit 10-50 ms)
3. Späte Potentiale (Latenzzeit 50-300 ms)

Klinische Bedeutung haben die verschiedenen Methoden der ERA für die objektive Prüfung des Hörvermögens. Objektivität meint hier in erster Linie die Unabhängigkeit von Angaben des Probanden; subjektive Einflüsse von seiten des Untersuchers bei der Auswertung insbesondere der langsamen Hirnrindenpotentiale lassen sich oft nicht ausschließen.

Die ERA-Methoden sind dann indiziert, wenn infolge fehlender Kooperation bei Säuglingen und Kleinkindern, geistig behinderten Personen oder bei Simulanten mit den konventionellen audiometrischen Untersuchungen bei der Hörschwellenbestimmung keine vernünftigen Ergebnisse erzielt werden können.

Auch überschwellige Untersuchungen (Recruitment, Intensitäts- und Frequenzunterscheidungsvermögen etc.) sind mittels ERA möglich.

Darüber hinaus sind verschiedene ERA-Methoden zur Lokalisationsbestimmung von Schädigungen im zentralen Hörsystem, zur objektiven Messung der Verstärkung durch Hörgeräte sowie bei Kindern im Schulalter mit Verdacht auf zentrale akustische Wahrnehmungs- und Verarbeitungsstörungen wie sensorische Dyslalie, Dyslexie usw. geeignet (nach Spillmann 1976).

In den frühen Jahren der objektiven Audiometrie mittels ERA-Methoden wurden in überwiegendem Maße die späten Potentiale verwendet, vor allem wegen ihrer einfachen Meßbarkeit und der risiko- und schmerzfreien Ableitung.

Inzwischen liegt die größere Bedeutung bei der Elektrocochleographie und besonders bei den Hirnstammpotentialen, da ihre Anwendung die Topodiagnostik von Schädigungen, insbesondere bei

Kindern, ermöglicht und diese Ableitungen - wie unten näher ausgeführt - weniger störanfällig gegenüber reiz- oder probandenbedingten Einflüssen sind.

zu 1): Zu den frühen Potentialen gehören die cochleären Mikrophonpotentiale, die Summenaktionspotentiale des Nervus acusticus und die Hirnstammpotentiale.
Die cochleären Mikrophonpotentiale (CM), die - wahrscheinlich durch piezoelektrische Effekte - in den Haarzellen des Corti-Organs entstehen und dem Reiz praktisch ohne Latenzzeit folgen, und die Summenaktionspotentiale (SAP) des Nervus acusticus, die 1-5 ms (Burian 1976) nach Reizbeginn auftreten, lassen sich mittels der Elektrocochleographie (ECochG) transtympanal (Portmann, Aran 1968), von der Gehörgangswand oder vom Mastoid ableiten.
Die Hirnstammpotentiale (Brainstem potentials,BSP) folgen dem akustischen Reiz mit einer Latenzzeit von 6-10 ms (Gerull, Giesen 1975) und sind in ihrer Entstehung den akustischen Kerngebieten im Hirnstamm und Mittelhirn zuzuordnen (Lev, Sohmer 1972, Liebermann, Sohmer 1973, Gerull, Giesen et al. 1975).

Die Hirnstammpotentiale, die man meist - ebenso wie die CM und die SAP - durch frequenzspezifische Clickreizung auslöst, lassen sich mittels Oberflächenelektroden zwischen Vertex und Mastoid (Mathis, Fried 1976) bzw. Ohrläppchen ("far-field"-Technik; Lev, Sohmer 1972) ableiten. Sie zeigen sich in Form und Latenz recht stabil gegenüber Einflüssen wie Vigilanz, Sedativa etc. (Spillmann 1976, Gerull, Giesen 1975).
Wie die CM und die SAP sind auch die Hirnstammpotentiale abhängig von bestimmten Reizparametern, z.B. mit steigenden Schallpegeln verkürzt sich die Latenz, und die Amplitude nimmt zu.

zu 2): In der Literatur (Tietze et al. 1976; H. Davis et al. 1966) werden als eigene Gruppe außerdem Potentiale einer mittleren Latenz (10-50 ms) beschrieben. Tietze et al. bezeichnen diese auch als schnelle oder frühe Komponente der zentral ableitbaren Potentiale und geben als mögliche (!) Entstehungsorte den Thalamus, den primären auditorischen Cortex und die Kopfmuskulatur an. Spillmann (1976) faßt diese Komponenten auch als "neurogene und myogene Potentiale mittlerer Latenz" zusammen.

zu 3): Die späten Potentiale (langsame Hirnrindenpotentiale) treten als eine Folge langsamer positiver und negativer Wellen mit einer Latenzzeit von 50-300 ms (Burian 1976, Tietze et al. 1976) nach Reizbeginn auf. Als Ursprungsort werden die primären akustischen Projektionsareale im Heschl Gyrus (Keidel, Spreng 1975) oder auch die übergeordneten Assoziationsfelder (Burian 1976) angenommen. Die Frage, inwieweit es sich um spezifische und/oder unspezifische Anteile handelt, ist noch nicht eindeutig geklärt.
Sicher aber ist, daß die gesamte Hörbahn von den Haarzellen bis zum Cortex an der Auslösung der Hirnrindenpotentiale durch Erregungszuleitung ursächlich mitbeteiligt ist. Das Auftreten eines AEP sagt jedoch noch nichts über die bewußte Informationsverarbeitung aus, sondern zeigt lediglich an, daß die Erregung über die Hörbahn den Cortex erreicht hat (Davis/Onishi 1969).

Am deutlichsten lassen sich die späten Potentiale von der Kopfhaut zwischen Vertex und Mastoid ("Vertex-Potentiale") ableiten. Dabei stellt die Spontanaktivität der Hirnrinde (EEG) einen Störpegel dar, durch den die akustisch evozierten Potentiale verdeckt werden; denn die AEP sind in ihrer Amplitude geringer als die Grundschwankungen des EEG's und ihr Frequenzbe-

reich fällt zum Teil mit dem der Grundaktivität der Hirnrinde zusammen. Deshalb benötigt man einen elektronischen Rechner, um durch Mittelungsverfahren (Averagetechnik) die reizsynchronen AEP aus der Hintergrundaktivität heraus sichtbar zu machen.

Man nimmt heute allgemein an, daß die Spannungsschwankungen des EGG's durch Summierung postsynaptischer Potentiale insbesondere der Dendritenverzweigungen der cortikalen Zellen zustandekommen.

Die bekannten EEG-Rhythmen (δ-Wellen 0,5-3,5 Hz, ϑ-Wellen 4-7,5 Hz, α-Wellen 8-12 Hz, β-Wellen 12,5-30 Hz) entstehen wahrscheinlich durch periodische Erregbarkeitsschwankungen der cortikalen Zellen, die ihrerseits von tieferliegenden Zentren insbesondere von der Formatio reticularis beeinflußt werden (Caspers 1961).

Der Rhythmus des EEG's ist außer vom Aktivitätsniveau (Vigilanz) u.a. auch vom Reifungsgrad des Gehirns d.h. vom Alter des Probanden abhängig.

Da man für die Entstehung der AEP ähnliche Vorgänge vermutet - obwohl man seinen Ursprungsort noch nicht genau geklärt hat -, liegt es nahe, daß die obengenannten Komponenten (Vigilanz, Alter u.a.) auch einen Einfluß auf die AEP haben.

Tatsächlich zeigt es sich, daß gerade die späten Potentiale im Gegensatz zu den frühen Potentialen eine geringere Form- und Latenzstabilität gegenüber zahlreichen audiologischen (Reizfrequenz, Reizdauer/Pausenverhältnis, Anstiegs- und Abstiegszeit des Reizes u.a.) und nichtaudiologischen Faktoren (Vigilanz, Medikamente, Alter u.a.) haben (Spillmann 1976, Keidel/Spreng 1975).

Die wichtigsten Kriterien, nach denen man die V-Potentiale heute beurteilt, sind die Amplituden und die Latenzzeiten der einzelnen Wellen. Je nach ihrer Polarität gegenüber dem Vertex und der Reihenfolge ihres Auftretens werden sie mit N_1, N_2 ... (negativ) bzw. P_1, P_2 ... (positiv) bezeichnet.

Die Latenzzeiten wie auch die Amplituden variieren - wie bereits erwähnt - in Abhängigkeit von bestimmten Reizparametern und vom Probanden selbst.

Die Latenzzeiten liegen bei normalhörenden Erwachsenen für P_1 etwa bei 40-80 msec, für N_1 bei 90-170 msec, für P_2 bei 170-250 msec, für N_2 um 300 msec (nach: Davis et al. 1966, Rapin et al. 1966, Rose et al. 1966, Keidel/Spreng 1975).

IV. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

1. Methodik

1.1 Untersuchte Kollektive

Zur Untersuchung gelangten 59 Frauen und 50 Männer im Alter zwischen 50 und 86 Jahren. Die meisten von ihnen stammten aus Altenheimen des Bonner Raumes, einige wurden während ihres Aufenthaltes in der Bonner Universitätsaugen- bzw. HNO-Klinik für die Untersuchung gewonnen, andere gehörten dem eigenen Bekanntenkreis an.

Die genauere Altersverteilung dieser Versuchsgruppe B ist aus Abb. 6 zu ersehen.

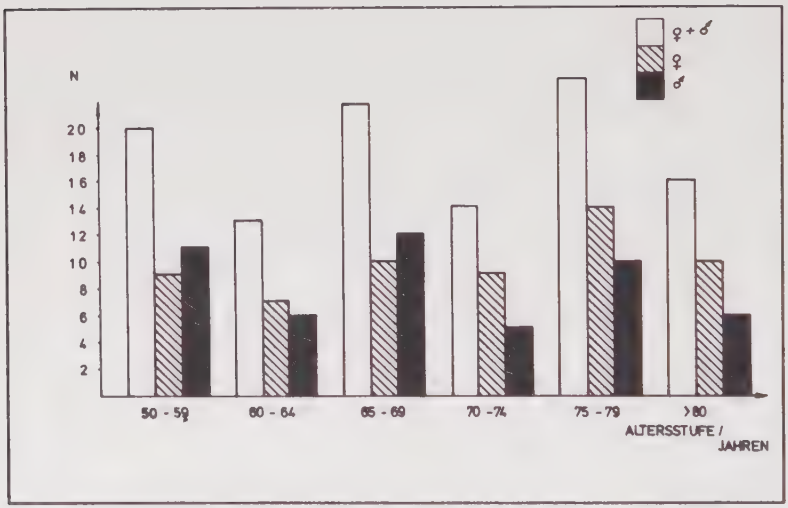

Abb. 6: Histogramm der Altersverteilung der Probanden mit Presbyacusis (Gruppe B)

Für die quantitative Auswertung wurde diese Gruppe der Altersprobanden nochmals unterteilt in die Gruppen B_1 (50-69 Jahre, N = 55, davon 26 weibl., 29 männl.) und B_2 (70-86 Jahre, N = 54, davon 33 weibl., 21 männl.).

Durch Befragung sowie audiologische Voruntersuchung wurde sichergestellt, daß die Probanden folgende Voraussetzungen erfüllten:

a) unauffällige audiologische Eigen- und Familienanamnese (Hörstörungen, Sprachstörungen, Gedächtnisstörungen, Schwindel, dauernde extreme Lärmexposition),

b) normaler Inspektionsbefund des äußeren Ohres,

c) altersentsprechendes Tonaudiogramm.

Zu c): Zugrundegelegt wurden die Altersnormkurven nach P.H. Schmidt (1967); bei den meisten Probanden unserer Untersuchung lagen die Tonhörschwellen etwas günstiger als es ihrem Alter entsprach.

In einer Vergleichsgruppe A wurden 30 normalhörende Personen (19 weibl., 11 männl.) im Alter zwischen 20 und 31 Jahren (Mittel 23,8 J.) untersucht. Es stellten sich einige Angestellte der audiologischen Abteilung der HNO-Klinik sowie Medizinstudenten der Bonner Universitätsklinik zur Verfügung.

1.2 Versuchsdurchführung

Die Probanden lagen während der Untersuchung möglichst ruhig und entspannt mit geschlossenen Augen in dem abgedunkelten, schallgedämpften Untersuchungsraum. Wegen der relativ langen Dauer von etwa 30-40 min. wurde jeweils nur ein Ohr des Probanden über Kopfhörer beschallt und untersucht.

Das EEG wurde über einen Differenzverstärker mit der üblichen Elektrodenanordnung für die langsamen Rindenpotentiale (Vertex/Mastoid) abgeleitet. Die untere Frequenzgrenze betrug 1 Hz, die obere 10 Hz.

Die Beschallung erfolgte nacheinander mit Tönen der Frequenzen 1000 Hz, 2000 Hz und 4000 Hz jeweils mit den Lautstärken 80, 60 und 40 dB. Töne einer Frequenz und Intensität traten alle 3-8 sec. in stochastischer Verteilung auf. Die Tondauer betrug jeweils 500 msec. mit einer Anstiegszeit von 15 msec.

Die in einem Zeitbereich von jeweils 1000 msec nach Reizbeginn auftretenden EEG-Potentiale wurden auf einen Averager gegeben, der eine automatische Artefakt-Unterdrückung ermöglichte. Die Ergebnisse aus je 32 Mitteilungen wurden mittels eines x-y-Schreibers registriert.

Für jeden Probanden ergaben sich neun Reizantwortkurven.

1.3 Auswertungskriterien

Die Reizantworten wurden nach folgenden Kriterien ausgewertet:

a) Auftreten einer positiven Reizantwort

b) Messung der N_1-P_2-Amplitudendifferenz als Maßstab der Intensität der Reaktion

c) Bestimmung der Latenzzeiten für N_1 und P_2

Zusätzlich wurde die Regelmäßigkeit des EEG-Verlaufs während der Messung am Oszillographen beurteilt und die Reizantworten auf eventuell auftretende spezifische Musterveränderungen (Dominanz bestimmter Gipfel, Doppelgipfel) untersucht.

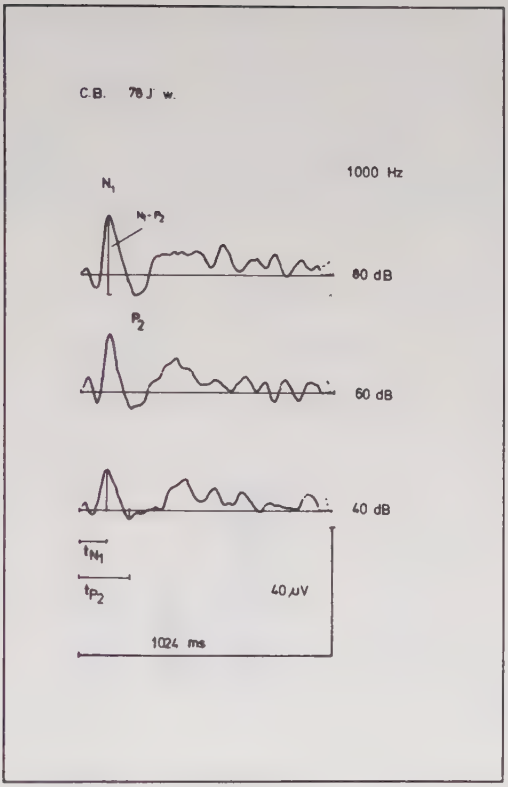

Abb. 7: Beispiel einer Meßreihe langsamer Hirnrindenpotentiale
Darstellung der Auswertungsparameter : Amplitudendifferenz N_1-P_2, Latenzzeiten tN_1, tP_2

2. Ergebnisse

2.1 Häufigkeit positiver Reizantworten

In Abb. 8 und 9 sind die Häufigkeiten positiver Reizantworten der 109 Probanden mit Presbyacusis (981 Ableitungen), denen der 30 jugendlichen Probanden (270 Ableitungen) gegenübergestellt.

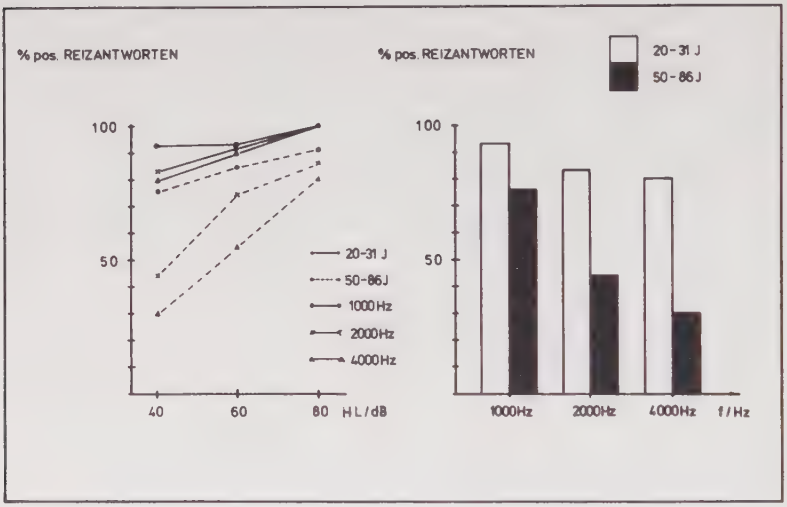

Abb. 8: Graphische Darstellung der relativen Häufigkeiten positiver Reizantworten für alle Reizfrequenzen und -intensitäten

Abb. 9: Histogramm der relativen Häufigkeiten positiver Reizantworten für alle Reizfrequenzen bei 40 dB

Die Altersprobanden zeigen für die untersuchten Frequenzen und Intensitäten in einem geringeren Prozentsatz positive Reizantworten. Besonders deutlich werden die Unterschiede mit zunehmender Tonhöhe und im unteren Reizstärkebereich bei 40 dB in allen Prüffrequenzen. So finden sich für die Intensitätsstufe 40 dB

bei 1000 Hz bei den Altersprobanden zu 75 % positive Reizantworten, im Vergleich dazu bei 93 % der Jugendlichen; bei 2000 Hz wird die Diskrepanz zwischen den Resultaten der jungen und alten Versuchspersonen mit 83 % gegenüber 43 % positiven Antworten größer. Bei der Frequenz 4000 Hz mit der Reizstärke 40 dB ergeben sich nur bei 30 % der Altersschwerhörigen, aber noch bei 80 % der Jugendlichen deutliche Reizantworten.

2.2 Amplituden der Reizantworten

Altersabhängigkeit

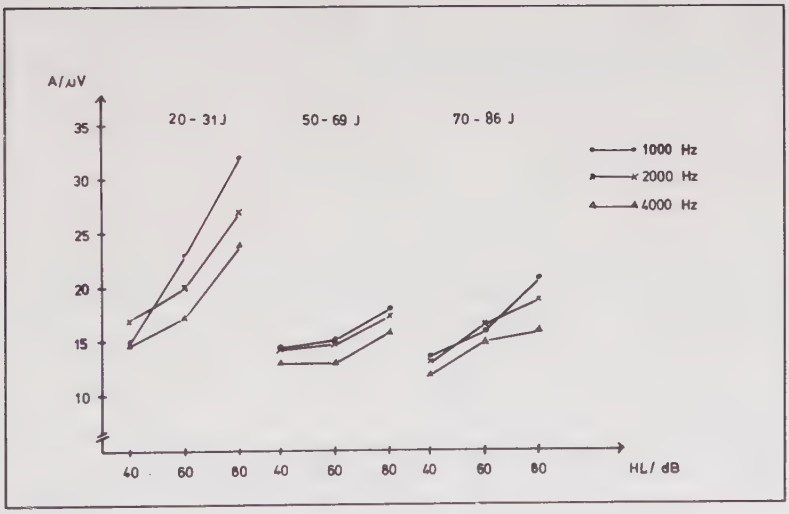

Abb. 10: Amplitudenkennlinien in den drei Altersgruppen für die Reizfrequenzen 1000, 2000 und 4000 Hz

Den unterschiedlichen Verlauf der N_1-P_2-Amplitudenkennlinien bei Jugendlichen und bei Probanden mit Presbyacusis zeigt Abb. 10.

Die Amplituden sind bei den Altersprobanden besonders im oberen Reizintensitätsbereich deutlich geringer als bei den Jugendlichen. Die 70-86jährigen weisen bei 80 dB etwas größere Amplituden auf als die 50-69jährigen.

Variabilität

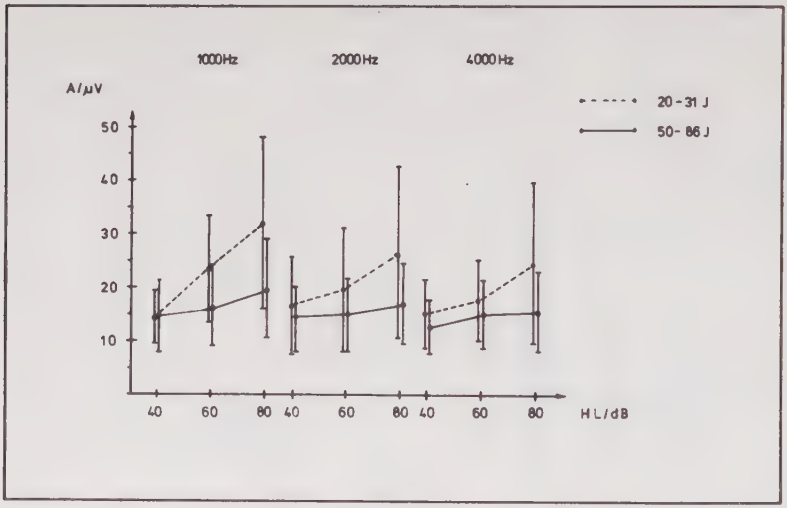

Abb. 11: Mittelwert und Streubreite der Amplitudenwerte bei den jungen und alten Probanden

$$\bar{A} \pm S/\mu V \quad \text{mit} \quad s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2$$

Die Streubreite der Amplitudenwerte ist (im Gegensatz zur Streubreite der Latenzen) bei den Altersprobanden kleiner als bei den jungen Versuchspersonen (Abb. 11). Jedoch ist eine breite Überlappung der Einzelwerte der verschiedenen Altersgruppen festzustellen. Die Variationskoeffizienten ($v = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100\ \%$) liegen bei jugendlichen wie alten Probanden etwa zwischen 40 % und 50 %, lediglich bei 2000 Hz ergeben sich bei der Gruppe A Variationskoeffizienten bis 60 % (Abb. 12 = S. 29).

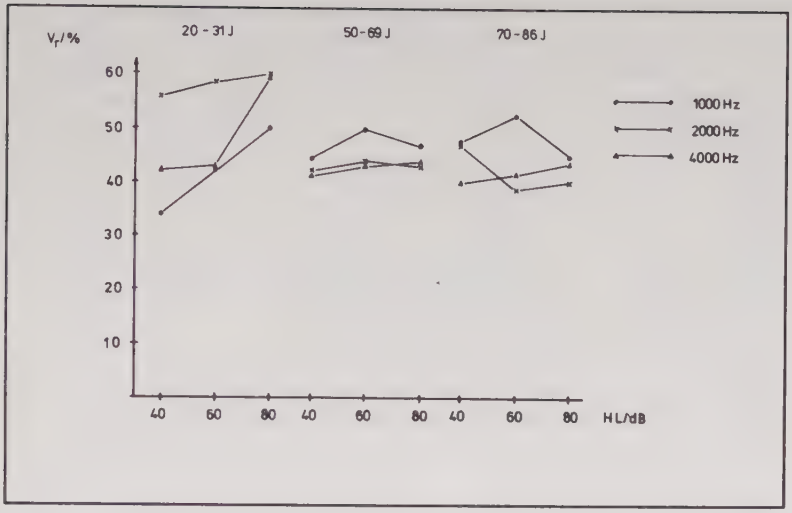

Abb. 12: Variationskoeffizienten der Amplitudenwerte

Frequenz- und Intensitätsabhängigkeit

Abb. 13 zeigt die Tendenzen der frequenz- und intensitätsabhängigen Amplitudenänderung : Amplitudenzunahme bei wachsender Reizintensität und Amplitudenabnahme bei zunehmend höherer Reizfrequenz. Die Abbildung macht deutlich, daß die Kennlinien der jugendlichen Probanden in allen Frequenzen steiler verlaufen, d.h. die frequenz- und intensitätsabhängige Amplitudenänderung ist bei den jungen Erwachsenen stärker ausgeprägt als bei den älteren Probanden.

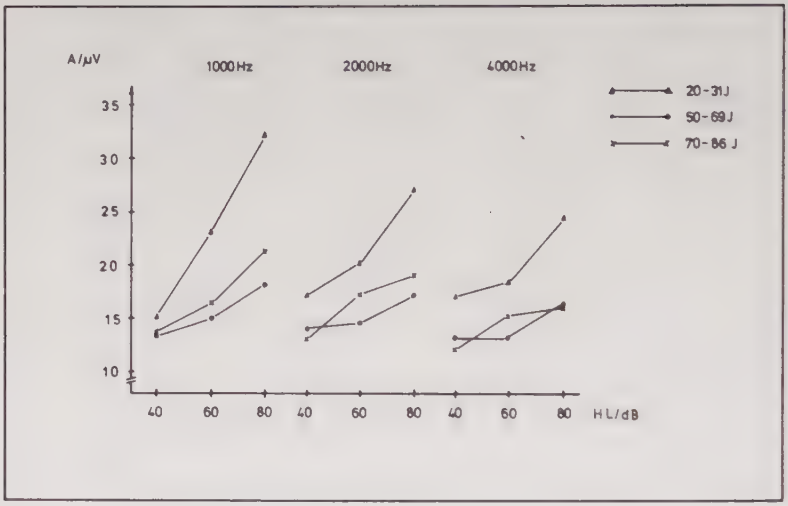

Abb. 13: Amplitudenwerte als Funktion der Reizfrequenz und -intensität

Geschlechtsspezifische Unterschiede

Die geschlechtsspezifische Differenzierung der Amplitudenwerte ergab im Reizfrequenzbereich 1000 Hz und 2000 Hz in allen Altersstufen im Mittel größere Amplitudenwerte bei den weiblichen als bei den männlichen Personen (Abb. 14). Im Bereich von 4000 Hz zeigt sich der Unterschied nur in geringem Ausmaß, nicht in allen Altersstufen und nicht in den unteren Intensitäten.

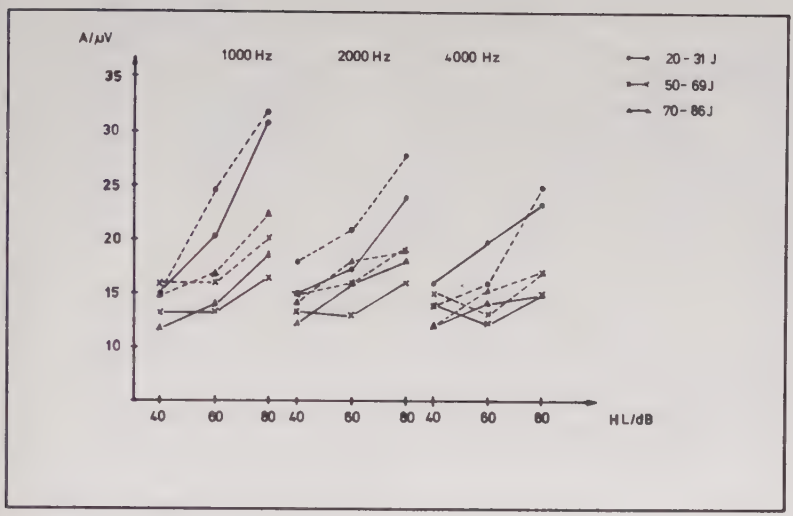

Abb. 14: Geschlechtsspezifische Differenzierung der Amplitudenwerte (------- = weibliche Probanden; ——— = männliche Probanden)

2.3 Latenzen der Reizantworten

In Abb. 15 und 16 sind die mittleren Latenzzeiten für den N_1- bzw. P_2-Gipfel in den verschiedenen Altersstufen für die unterschiedlichen Reizfrequenzen und -intensitäten dargestellt.

Altersabhängigkeit

Es zeigt sich, daß altersabhängige Veränderungen der Latenzzeiten nur gering für den N_1-Gipfel deutlich aber für den P_2-Gipfel erkennbar sind. Die P_2-Latenzzeiten liegen in allen vergleichbaren Reizfrequenzen und -intensitäten bei den Presbyacusis-Probanden später als bei den jungen.

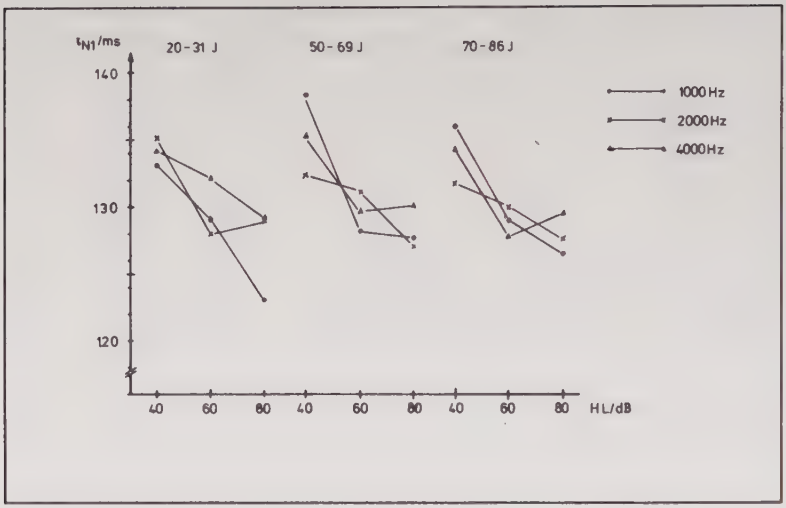

Abb. 15: N_1-Latenzzeiten in den drei Altersgruppen für alle Reizfrequenzen und -intensitäten

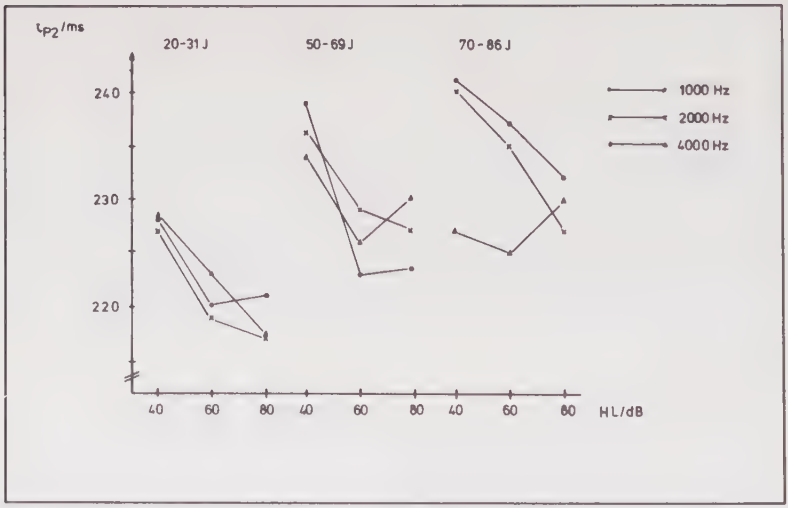

Abb. 16: P_2-Latenzzeiten in den drei Altersgruppen für alle Reizfrequenzen und -intensitäten

Variabilität

Die Standardabweichung vom Mittelwert der P_2-Latenzzeit beträgt je nach Frequenz und Reizstärke bei der Gruppe A zwischen $\pm$ 18 und $\pm$ 26 msec, bei der Gruppe B_1 zwischen $\pm$ 25 und $\pm$ 55 msec, bei der Gruppe B_2 zwischen $\pm$ 28 und $\pm$ 51 msec, d.h. mit zunehmendem Alter ist die Streubreite der Latenzzeiten größer.

Frequenz- und Intensitätsabhängigkeit

Frequenzabhängige Latenzzeitunterschiede sind weder für N_1 noch für P_2 sehr ausgeprägt. Lediglich die Gruppe B_2 weist eine Frequenzabhängigkeit der P_2-Latenzen im Sinne einer Latenzverkürzung in den oberen Frequenzen bei niedrigen Reizintensitäten (40 und 60 dB) auf.

Deutlich ist dagegen sowohl für den N_1- wie für den P_2-Gipfel die bekannte Tendenz der Verkürzung der Latenzen mit zunehmender Reizintensität.

Geschlechtsspezifische Unterschiede

Eine Differenzierung der Latenzzeitwerte nach Geschlechtern ergab keine signifikanten Unterschiede.

2.4 Altersspezifische Reizantwortmuster

Mehr oder weniger ausgeprägte N_1-, seltener auch P_2-Doppelgipfel fanden sich in den Ableitungen von 42 % der Altersprobanden, jedoch auch bei 10 % der Jugendlichen.

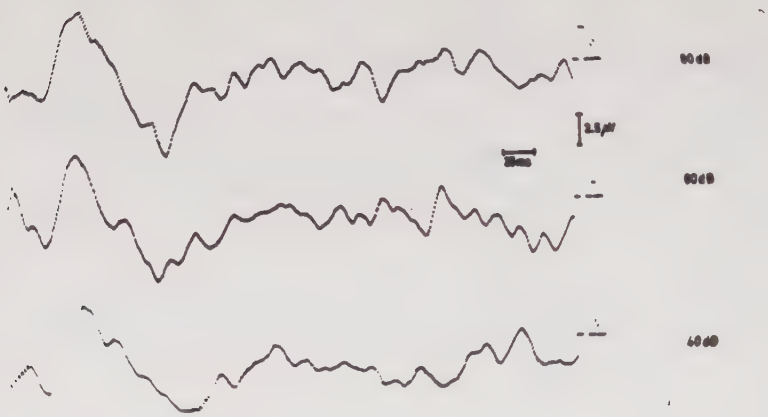

Abb. 17: Typische doppelgipfelige Reizantwortkurven eines Altersprobanden; N_1- und P_2-Doppelgipfel konstant in allen Reizintensitäten, Reizfrequenz 1000 Hz

Teilweise waren die Aufspaltungen des N_1- oder P_2-Gipfels nur angedeutet bzw. inkonstant in den Reizantworten auf verschiedenen Frequenzen und Intensitäten. Oft bestand ein Zusammenhang zwischen Aufspaltungen des N_1- bzw. P_2-Gipfels und einem unruhigen Verlauf der Antwortkurve im Zeitbereich >300 msec nach Reizbeginn als Ergebnis aufsummierter Artefakte aus dem Hintergrund-EEG.

Weitere altersspezifische Antwortmusterveränderungen wie etwa das Hervortreten bestimmter Komponenten z.B. $N_2 - P_3 > N_1 - P_2$ wurden nicht beobachtet.

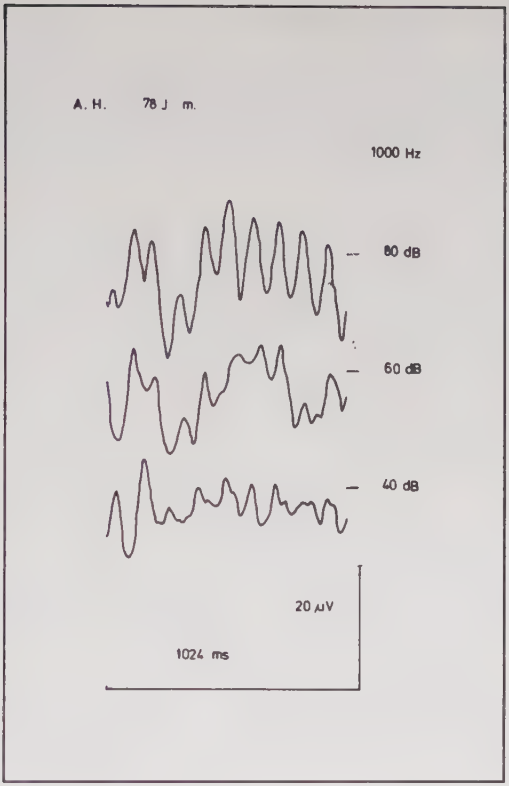

Abb. 18: Beispiel "falscher" doppelgipfeliger Reizantwortkurven aus der Meßreihe eines Altersprobanden durch deutliche Artefaktüberlagerung des Summen-EEG's.

2.5 Regelmäßigkeit des EEG-Verlaufs

Der Verlauf des EEG's wurde während der Messung am Oszillographen hinsichtlich seiner Regelmäßigkeit beurteilt und als "ruhig" oder "unruhig" gekennzeichnet. 16 % der EEG's der Jugendlichen gegenüber 23 % der EEG's der älteren Probanden wurde dabei das Merkmal "unruhig" zugeteilt.

Es ist anzunehmen, daß bei unruhigem EEG-Verlauf die Chance geringer ist, durch Mittelungsvorgänge die AEP aus der Hintergrundaktivität heraus sichtbar zu machen. Es zeigte sich jedoch keine direkte Proportionalität zwischen der Häufigkeit unruhiger EEG's und der Interpretierbarkeit der Reizantwortkurven. Bei keinem der jungen Probanden war die Unregelmäßigkeit des EEG's so ausgeprägt, daß sie sich auch im Mittelungsergebnis (Summen-EEG im Zeitbereich >300 msec der Reizantworten) manifestierte. Die Beurteilung der Potentialkurve hinsichtlich des Auftretens einer positiven Reizantwort war bei den jungen Probanden in jedem Fall möglich. Dagegen waren die Meßreihen von 7,5 % der Altersprobanden in der überwiegenden Zahl der Reizfrequenzen und -intensitäten nicht sicher interpretierbar, da aufsummierte Artefakte der unruhigen EEG-Hintergrundaktivität sich einer möglicherweise vorhandenen Reizantwort überlagerten.

3. Diskussion

Die dargestellten Ergebnisse weisen auf altersspezifische Veränderungen der akustisch evozierten Hirnrindenpotentiale hin.

Häufigkeit positiver Reizantworten

In Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Knothe et al. (1974) zeigt diese Untersuchung altersabhängige Unterschiede in der Häufigkeit des Auftretens positiver Reizantworten.

Junge normalhörende Erwachsene weisen in allen Reizfrequenzen und -intensitäten, besonders in den oberen Frequenzen und bei niedrigen Intensitäten, einen wesentlich höheren Prozentsatz positiver Reizantworten auf als Probanden mit Presbyacusis. Dieses Ergebnis ist sicher einmal durch die bekannte Schwellenerhöhung im oberen Frequenzbereich bei altersschwerhörigen Personen zu erklären, zum anderen wohl auch durch die im Alter häufigere Instabilität des Basis-EEG's.

Wie unter Punkt 2.5 bereits erwähnt, konnte ein erheblicher Teil der Reizantwortkurven der Altersprobanden wegen zu starker Artefaküberlagerung nicht sicher hinsichtlich des Auftretens einer positiven Reizantwort beurteilt werden.

Nach einer Arbeit von Grips (1971) ist die Tendenz zur Instabilität und Unregelmäßigkeit des EEG-Ablaufs im Alter bekannt. Er fand in seiner Untersuchung an 50 Probanden zwischen 60-80 Jahren in 47 % "unregelmäßige" EEG's mit einer Frequenzlabilität über 0,5 Hz und/oder einer ausgesprochenen Amplitudenlabilität von aufeinanderfolgenden Wellen. Buchsbaum et al. (1974) fanden mit zunehmendem Alter auch eine geringere zeitliche Stabilität der akustisch evozierten Reaktion, d.h. eine größere Variabilität der Latenzzeiten der Einzelantworten.

Starke Schwankungen der Latenzzeiten der Einzelantwort ebenso wie große Variabilität ihrer Amplitude führen dazu, daß die Reizantwort im Mittelungsergebnis undeutlicher, zumindest in ihrer Amplitude geringer wird (Keidel, Spreng 1975).

Amplituden

Altersabhängige Veränderungen der N_1-P_2-Amplitude als Maßstab der cortikalen Erregung sind bereits von verschiedenen Autoren untersucht worden.

Stürzebecher et al. (1975) stellten für die Reizfrequenz 1000 Hz keine Altersabhängigkeit der Amplituden fest. Tyberghein und Forrez (1969) fanden besonders im oberen Intensitätsbereich (70 dB) altersabhängige Unterschiede der N_1-P_2-Amplituden im Sinne einer Annäherung an einen Sättigungswert bei den Probanden mit Presbyacusis.

Die deutlich geringeren Amplitudenwerte altersschwerhöriger Personen in unserer Untersuchung besonders im oberen Reizstärkebereich weisen auf eine geringere cortikale Erregung im Vergleich zu jungen Erwachsenen hin. Ein Sättigungsverhalten in Form einer Annäherung an einen Grenzwert, wie es Tyberghein und Forrez bei 500 und 1000 Hz fanden, konnten wir nicht feststellen, jedoch war die intensitätsabhängige Zunahme der Amplituden im höheren Alter viel weniger ausgeprägt als bei den jungen Probanden. Aus der geschlechtsspezifischen Differenzierung ergaben sich bei 1000 Hz und 2000 Hz für die weiblichen Probanden in allen Altersstufen etwas größere Amplitudenwerte als für die männlichen Versuchspersonen.

Dieses Ergebnis sowie die geringeren Amplitudenwerte der Altersprobanden korrespondieren mit den bekannten Unterschieden der Tonhörschwellen. Ebenso könnte auch eine im Alter geringere Stabilität der Amplitude bzw. Latenz der Einzelantwort von Einfluß sein.

Die Tatsache, daß sich Geschlechtsunterschiede in den Reizantworten bei 4000 Hz nicht nachweisen ließen, hängt sicher mit statistischen Gegebenheiten zusammen. Die Anzahl der zugrundeliegenden Werte innerhalb der nach Alter und Geschlecht diffe-

renzierten Versuchsgruppen variiert im oberen Frequenzbereich aufgrund der abnehmenden Häufigkeit positiver Reizantworten sehr stark und läßt einen Vergleich kaum zu.

Die etwas größeren Amplitudenwerte der 70-86jährigen bei 80 dB Reizintensität gegenüber denen der 50-69jährigen sind möglicherweise im Sinne eines Altersrecruitments zu deuten, das in den Meßreihen mehrerer Probanden dieser Altersgruppe erkennbar war.

Obwohl die Frage nach dem Zusammenhang zwischen Recruitment und Presbyacusis in der Literatur noch umstritten ist, scheinen unsere Untersuchungen die Ergebnisse psychoakustischer Tests (van Dishoek 1966, König 1969) zu unterstützen, mit denen in hohem Prozentsatz ein positiver Lautheitsausgleich bei altersschwerhörigen Probanden nachgewiesen wurde.

Latenzen

Eine Verlängerung der Latenzzeiten für N_1 und P_2 fanden Knothe et al. (1974) bei ihren Altersprobanden. Die Tendenz einer Latenzzeitverlängerung - nach unserer Untersuchung nur für den P_2-Gipfel deutlich ausgeprägt - ist vermutlich im Sinne einer verzögerten zentralen Erregungsleitung bei Probanden mit Presbyacusis zu deuten.

Die große Streubreite der Latenzzeitwerte, wie sie auch Knothe et al. feststellten, zeigt allerdings, daß die Latenzzeit allein im Einzelfall kein Kriterium für das Vorliegen einer Presbyacusis ist. Die frequenzabhängige P_2-Latenzverkürzung, die in der Gruppe B_2 bei 4000 Hz und 40 und 60 dB auffällt (Abb. 16), geht vermutlich auf die geringe Anzahl positiver Reizantworten gerade in dieser Altersgruppe und bei diesen Reizparametern zurück. Geschlechtsspezifische Unterschiede der Latenzzeiten waren nicht festzustellen.

Interessant erscheint, daß bei der Reifung des AEP's im Säuglings- und Kleinkindalter eine gegenläufige Veränderung nämlich eine Verkürzung der Latenzzeiten mit zunehmendem Alter gefunden

wird (Barnet et al. 1975). Die Autoren stellen außerdem eine Zunahme der Amplituden im Laufe der Säuglings- und Kleinkinderentwicklung fest: also ebenfalls im Vergleich zum hohen Lebensalter eine gegensinnige Entwicklung, diese betraf jedoch nur die späteren AEP-Komponenten (N_2, P_3) und nicht die N_1-P_2-Amplitude.

Altersspezifische Reizantwortmuster

Altersabhängige Entwicklungen des AEP-Musters wie das Vorherrschen der späten Komponenten P_2, N_2, P_3 im Kindesalter (Barnet et al. 1975 / Beagley et al. 1970) gegenüber einer Dominanz der frühen Gipfel bei Erwachsenen legen die Frage nach spezifischen Reizantwortmustern im hohen Lebensalter nahe. Eine Dominanz bestimmter Gipfel konnte bei unserem Vergleich junger und alter Versuchspersonen nicht festgestellt werden. Die Tendenz zu gehäuftem Auftreten von Doppelgipfeln bei Patienten mit Presbyacusis wird durch diese Untersuchung bestätigt.

Knothe et al. (1974) stellten als Ursache dafür eine partielle Verlängerung des Erregungsablaufs nach Eintreffen der Erregung in den primären akustischen Zentren bzw. in den Assoziationsfeldern oder ein zweizeitiges Eintreffen der Erregungssalven im Gebiet der Hirnrinde zur Diskussion.

Für eine Verzögerung des Erregungsablaufs bei altersschwerhörigen Patienten spricht wie oben dargestellt auch die Tendenz der Latenzzeitverlängerung. Jedoch muß nach unseren Untersuchungen festgestellt werden, daß die Aufspaltungen des N_1- bzw. P_2-Gipfels teilweise nur angedeutet und nicht fortlaufend in allen Reizfrequenzen und -intensitäten zu finden waren. Außerdem muß die Möglichkeit einer Doppelgipfelbildung durch überlagerte Artefakte (die sich trotz automatischer Artefaktunterdrückung aufsummieren können) bedacht werden.

V. ZUSAMMENFASSUNG

Akustisch evozierte Hirnrindenpotentiale von 109 Probanden im Alter zwischen 50 und 86 Jahren wurden mit denen von 30 normalhörenden Probanden zwischen 20 und 31 Jahren verglichen.

Die Altersprobanden zeigten für alle Reizparameter (1000, 2000, 4000 Hz jeweils 80, 60, 40 dB) geringere Häufigkeiten positiver Reizantworten. Sie wiesen - besonders im oberen Intensitätsbereich aller Frequenzen geringere N_1-P_2-Amplitudenwerte auf sowie eine geringere intensitätsabhängige Zunahme der Amplituden als die jungen Probanden. Bei den weiblichen Personen fanden sich etwas größere Amplituden als bei den männlichen.

Es konnte eine Verlängerung der P_2-Latenzzeiten bei den Probanden mit Presbyacusis festgestellt werden. Für die N_1-Latenzzeiten ergab sich keine altersabhängige Veränderung. Das Hintergrund-EEG hatte bei den Altersprobanden häufiger einen unruhigen Verlauf, der sich teilweise auch im Summen-EEG (Zeitbereich > 300 msec der Reizantwortkurve) niederschlug und die Interpretation erschwerte. Mehr oder weniger ausgeprägte N_1- bzw. P_2-Doppelgipfel fanden sich in den Meßreihen von 42 % der Altersprobanden, jedoch auch bei 10 % der jungen Versuchspersonen; teilweise waren Doppelgipfelbildungen im Zusammenhang mit Artefakten im Summen-EEG zu erkennen.

Die Ergebnisse sind zum Teil im Sinne einer Schwellenerhöhung zu deuten. Vorwiegend müssen sie jedoch einer verzögerten zentralen Erregungsleitung bei der Altersschwerhörigkeit zugeordnet werden.

Untersuchungen über die Eigenschaften des Basis-EEGs alter Menschen und deren Auswirkungen auf Merkmale der AEPs, für die sich in dieser Arbeit verschiedene Hinweise ergeben, könnten in Zukunft weitere Klärung und eindeutigere Ergebnisse bringen.

VI. LITERATURVERZEICHNIS

VON ARENTSSCHILD, O. Das alternde Ohr: Funktionelle Aspekte HNO 20, 108/12 (1972).

BARNET, A.B., OHLRICH, E.S., WEISS, J.P., SHANKS, B. Auditory evoked potentials during sleep in normal children from ten days to three years of age Electroenc. and Clin. Neurophysiol. 39, 29/41 (1975).

BEAGLEY, H.A. KELLOG, S.E. (1970) zit. : MÜLLEJAHNS-KREPPEL (1979).

BOENNINGHAUS, H.-G. HNO-Heilkunde, Springer, Berlin (1974).

BOSATRA, A. (1956) zit. : VAN DISHOEK, H.A.E. Presbyakusis : HNO-Heilkunde, BERENDES, LINK, ZÖLLNER; THIEME (1966).

BRODY, H. Organization of the cerebral cortex, III. A study of aging in the human cerebral cortex J.Comp.Neur. 102, 511/56 (1955).

BUCHSBAUM, M.S. HENKIN, R.I. CHRISTIANSEN, R.L. Age and sex differences in averaged evoked responses in a normal population, with observation on patients with Gonadal Dysgenesis Electroenc. and Clin. Neurophysiol. 37, 137/44 (1974).

BURIAN, K. Der heutige Stand der objektiven Audiometrie (ERA) Z.Laryng.Rhinol.Otol. 55, 332/42 (1976).

CALEARO, C. LAZZARONI, C. Speech intelligibility in relation to the speech of the message Laryngoscope 67, 410/9 (1957).

CASPERS, H. Die Entstehungsmechanismen des EEG : Klinische Elektoencephalographie ed. by R.Janzen 4/26, Springer, Berlin (1961).

DAVIS, H., MAST, T., YOSHIE, N., ZERLIN, S. The slow response of the human cortex to auditory stimuli Electroenc. and Clin. Neurophysiol. 21, 105/13 (1966).

VAN DISHOEK, H.A.E. Presbyakusis : HNO-Heilkunde, Hrsg. BERENDES, LINK, ZÖLLNER, III 3, 1744/61 (1966), THIEME

DAVIS, H., ONISHI, S. Maturation of the Auditory Evoked Potentials Int.Audiol.8, 22/33 (1969).

DEMICHELIS, G. SCHINDLER, O. PIAZZA, R. Intelligibilité de la parole et filtrage chez les presbyacoustiques Int.Audiol. 8, 325/7 (1969).

FLEISCHER, K. (1956) zit. : VAN DISHOEK (1966).

FLEISCHER, K. Das alternde Ohr: Morphologische Aspekte HNO 20, 104/7 (1972).

GERULL, G., GIESEN, M. MROWINSKI, D., RUDOLPH, N. Klinischer Einsatz verschiedener ERA-Verfahren zur Untersuchung von Funktionsstörungen der Hörbahn Lary. 8, 463ff. (1975).

GAETH, J.H. (1948) zit. : VAN DISHOEK (1966).

GLORIG, A., DAVIS, H. Age, Noise and Hearing Loss Ann.Otol. St.Louis 70, 556/71 (1961).

GLORIG, A., NIXON, J. Distribution of hearing loss in various populations Ann.Otol. St.Louis 69, 497/516 (1960).

GLORIG, A., NIXON, J. Hearing loss as a function of age Laryngoscope 72, 1596/1610 (1962).

GRIPS, K.H. Das Elektroencephalogramm in der Gerontologie Dissertation a.d. Med.Fak.d.Rh.F.W.-Universität Bonn (1971).

JERGER, J. (1973) zit. : MÜLLEJAHNS-KREPPEL, U. (1979).

KEIDEL, W.D., SPRENG, M. Physiologie des Gehörs, THIEME (1975) 292,321.

KIRIKAE, I. Auditory function in advances age with reference to histological change in the central auditory system Int.Audio. 8,221/30 (1969).

KÖNIG, E. Audiological tests in presbyacusis Int.Audiol. 8, 240ff. (1969).

KNOTHE, J., FLACH, M., HOFMANN, G. Electric Response Audiometry (ERA) und Altersschwerhörbarkeit Mschr.Ohr.hk. Wien 108,5,192/8 (1974).

KRMPOTIĆ-NEMANIĆ, J. Über die Morphologie des inneren Gehörgangs bei der Altersschwerhörigkeit HNO 20, 246/9 (1973).

LEV, A., SOHMER, H. Sources of Averaged Neural Responses recorded in animal and human subjects during Cochlear Audiometry (Electro-Cochleogram) Arch.klin.exp.Ohr.-,Nas.-u.Kehlk.Heilkunde 201, 79/90 (1972).

LIEBERMAN, A., SOHMER, H. Standard Values of Amplitude and Latency Cochlear Audiometry (Electrocochleography) Responses in different Age Groups Arch.klin.Exp.Ohr.-,Nas.-u.Kehlk. Heilkunde 203, 267/73 (1973).

LUTERMAN, D.M. (1966) zit. : VON ARENTSSCHILD (1972).

MATHIS, A., FRIED, R. Erfahrungen mit akustisch evozierten Hirnstammpotentialen zur Audiometrie von Säuglingen III. Audio-Symposion (1976) 77/86 Schriftreihe der Bommer AG - Rexton, Zürich.

MAYER, O. — Das anatomische Substrat der Altersschwerhörigkeit
Archiv f. Ohren-, Nasen- u. Kehlkopfheilkunde 105, 1/3 (1919).

MÜLLEJAHNS-KREPPEL, U. — Ein Beitrag zum Alterungsprozeß des Gehörs, Dissertation a.d.Med.Fak.d.Rh.Fr. W. Universität Bonn (1979).

NIXON, J./GLORIG, A./HIGH, S. — Changes in air- und bone conduction thresholds as a function of age J. Larying, London 76, 288/98 (1962).

PIENTRANTONI, L./ARSLAN, M. — (1957) zit. : VON ARENTSSCHILD (1972).

PLESTER, D. — Audiometrische Untersuchungen bei einem Naturvolk
Archiv Ohr-, Nas- u. Kehlk.Heilkunde 180, 765/71 (1962).

PORTMANN, M./ARAN, J.M./LE BERT, G.L. — Electrocochléogramme humain en dehors de toute intervention chirurgicale Acta oto-Laryng. Stockholm 65, 105/14 (1968).

RAPIN, I./SCHIMMEL, H./LESTER, M./TOURK, M.S. — Evoked Responses to clicks and tones of varying intensity in waking adults Electroenc. and Clin.Neurophysiol. 21, 335-344 (1966).

ROSE, D.E./RUHM, H.B. — Some Characteristics of the Peak Latency and Amplitude of the Acoustically Evoked Response.
J. Speech a. Hearing Res.9, 412-422 (1966).

ROSEN, S./BERGMANN, M./PLESTER, D./EL-MOFTY, A./SATTI, M. — Presbyacusis study of a relatively noise-free population in the Sudan Ann.Otl. (St.Louis) 71,727ff. (1962).

ROSEN, S./PLESTER, D./EL-MOFTY, A./ROSEN, H.V. — High frequency audiometry in presbyacusis.
Arch.Otolaryng. 79,18ff. (1964).

ROSEN, S./OLIN, P.	Hearing loss and coronary heart disease. Arch.Otolaryng. 82,236ff. (1965).
ROSEN, S./OLIN, P./ ROSEN, H.V.	Dictary prevention of hearing loss Acta oto-laryng. (Stockholm 1970), 70, 242-247.
SCHMIDT, P.H.	Altersnormkurven der Hörschwellen für Frauen und Männer : Langenbeck, Lehnhard : Lehrbuch d.prakt. Audiometrie, 16, Thieme (1970).
SCHUKNECHT, H.F.	Pathology of the ear, 68 Harvard University Press (1974).
SHIMIZU, Y./SEKI, K.	Presbyacusis and environment ORL Tokyo 17,6 (english abstract 4/1974 in Zentralblatt 112, Nr. 1791)(1976).
SPILLMANN, T.	Zur Validität der objektiven Hörschwellenmessung mit der Elektrischen Reaktionsaudiometrie (ERA) III. Audio-Symposion (1976), 89/107 Schriftenreihe der Bommer AG-Rexton, Zürich.
SPOENDLIN, H.	(1971) zit. : FLEISCHER, K. (1972).
STÜRZEBECHER, E./WERNECKE, K.D./WAGNER, H.	ERA-Kennlinien bei normalhörenden Personen Acta Otolaryng. 80, 294/300 (1975).
TIETZE, G./PANTEN, Chr./ GALLE, E./SASASMA, R. et al.	Der aktuelle Stand der ERA HNO-Praxis 1,5/16 und 2,85/101 (1976).
TYBERGHEIN, J./FORREZ, G.	Potentiels évoqués cerebraux et presbyacousie Int.Audiol. 8, 377/82 (1969).
ZANZUCCHI, G.	(1938) zit. : VAN DISHOEK (1966).

- A b s t r a c t -

DÜCHTING, DOROTHEE:

VERÄNDERUNGEN DER LANGSAMEN, AKUSTISCH EVOZIERTEN HIRNRINDENPOTENTIALE BEI PRESBYACUSIS

Akustisch evozierte Hirnrindenpotentiale von 109 Probanden im Alter zwischen 50 und 86 Jahren wurden mit denen von 30 normalhörenden Probanden zwischen 20 und 31 Jahren verglichen.

Die Altersprobanden zeigten für alle Reizparameter (1000, 2000, 4000 Hz jeweils 80, 60, 40 dB) geringere Häufigkeiten positiver Reizantworten. Sie wiesen - besonders im oberen Intensitätsbereich aller Frequenzen geringere N_1-P_2-Amplitudenwerte auf sowie eine geringere intensitätsabhängige Zunahme der Amplituden als die jungen Probanden. Bei den weiblichen Personen fanden sich etwas größere Amplituden als bei den männlichen.

Es konnte eine Verlängerung der P_2-Latenzzeiten bei den Probanden mit Presbyacusis festgestellt werden. Für die N_1-Latenzzeiten ergab sich keine altersabhängige Veränderung. Das Hintergrund-EEG hatte bei den Altersprobanden häufiger einen unruhigen Verlauf, der sich teilweise auch im Summen-EEG (Zeitbereich > 300 msec der Reizantwortkurve) niederschlug und die Interpretation erschwerte. Mehr oder weniger ausgeprägte N_1- bzw. P_2-Doppelgipfel fanden sich in den Meßreihen von 42 % der Altersprobanden, jedoch auch bei 10 % der jungen Versuchspersonen; teilweise waren Doppelgipfelbildungen im Zusammenhang mit Artefakten im Summen-EEG zu erkennen.

Die Ergebnisse sind zum Teil im Sinne einer Schwellenerhöhung zu deuten. Vorwiegend müssen sie jedoch einer verzögerten zentralen Erregungsleitung bei der Altersschwerhörigkeit zugeordnet werden.

Untersuchungen über die Eigenschaften des Basis-EEGs alter Menschen und deren Auswirkungen auf Merkmale der AEPs, für die sich in dieser Arbeit verschiedene Hinweise ergeben, könnten in Zukunft weitere Klärung und eindeutigere Ergebnisse bringen.

LEBENSLAUF

Am 31. August 1954 wurde ich, Dorothee Düchting geb. Winkelmann, als Tochter des Buchhändlers Heinz Winkelmann und seiner Frau Hildegard, geb. Johnen, in Essen geboren.

Nach dem Abitur an der BMV-Schule in Essen im Mai 1973 begann ich im Oktober 1973 an der Ruhr-Universität Bochum das Medizinstudium. Nach dem Physikum im März 1976 wechselte ich zum klinischen Studium an die Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität in Bonn. Im März 1979 legte ich dort den zweiten Abschnitt der ärztlichen Prüfung ab. Anschließend absolvierte ich das Praktische Jahr am Kreiskrankenhaus Lüdenscheid (Akademisches Lehrkrankenhaus der Universität Bonn). Im April 1980 trete ich den dritten Abschnitt der ärztlichen Prüfung an.